

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-120415

(43)Date of publication of application : 22.05.1991

(51)Int.Cl.

G01C 19/56

(21)Application number : 01-256945

(71)Applicant : AKAI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 03.10.1989

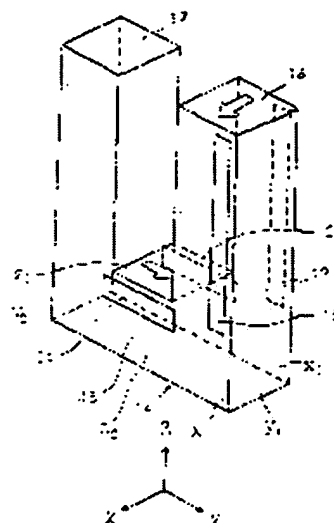
(72)Inventor : TERAJIMA KOKICHI

## (54) VIBRATION GYRO

## (57)Abstract:

PURPOSE: To detect torsional moment with high sensitivity by integrally molding two rectangular arm parts and a base part, which couples the arm parts mutually at the lower ends, of a piezoelectric material in a tuning fork shape on the whole.

CONSTITUTION: The arm parts 16 and 17 and the base part 15 which are coupled at the lower ends with each other are molded integrally of piezoelectric material. While the arm parts 16 and 17 are directed in the Z-axis direction of a three-dimensional coordinate system at an interval in the Y-axis direction, the base part 15 is polarized in the Y-axis direction and electrodes 24 and 25 are extended in the Y-axis direction on surfaces x1 and x2 at positions close to the top surface z1 of the base. For example, the electrode 24 is grounded and the electrode 25 is connected to a circuit for detection to obtain the vibration gyro which senses a component of torsional shearing stress around the Z-axis due to torsional moment when the torsional moment based upon Coriolis forces generated in the arm parts 16 and 17 operates on the base part 15 by rotating the arm parts 16 and 17 around the Z axis while vibrating them symmetrically in the Y-axis direction.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-120415

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>  
G 01 C 19/56

識別記号 庁内整理番号  
7414-2F

⑬ 公開 平成3年(1991)5月22日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 振動ジャイロ

⑮ 特 願 平1-256945

⑯ 出 願 平1(1989)10月3日

⑰ 発 明 者 寺 嶋 厚 吉 東京都大田区東糀谷2丁目12番14号 赤井電機株式会社内  
⑱ 出 願 人 赤 井 電 機 株 式 会 社 東京都大田区東糀谷2丁目12番14号  
⑲ 代 理 人 弁 理 士 小 川 順 三 外1名

目 次

1. 発明の名称

振動ジャイロ

2. 特許請求の範囲

1. 二本の矩形状腕部分と、これらの腕部分をそれらの下端部で相互連結する基台部分とを圧電材料にて一体成形して全体形状を音叉状とし、前記両腕部分を、三次元座標系のZ軸方向へ向けるとともに、Y軸方向に間隔をおいて位置させた姿勢で、基台部分をY軸方向に分極させ、かつ、その基台部分の、X軸と直交する各面に、基台部分の上面、下面、または上面と下面の両側にそれぞれ近接して位置する検知用電極を設けてなる振動ジャイロ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、角速度を検出する目的の下でコリオリの力を検知する振動ジャイロに関するものである。

(従来の技術)

従来のこの種の振動ジャイロとしては、例えば第2図に示すような圧電タイプのものがあり、これは、3次元座標系内で、固定手段4の、Y軸と直交するそれぞれの面に、圧電材料よりなるバイモルフ振動子、ユニモルフ振動子その他の駆動手段5の二枚を音叉状に固定し、そして、それらのそれぞれの駆動手段5の自由端に、これもまた圧電材料からなるそれぞれの検知手段6を、各々の広幅面が一对の腕部材を形成する駆動手段5のそれと直交する方向に向く状態で固定することにより構成されている。

このような振動ジャイロの使用に際しては、はじめに、駆動手段5に交流電圧を印加して駆動手段5を図の実線矢印方向(Y軸方向)に対称振動させる。なお、かかる対称振動をもたらす方法としては、両駆動手段5に交流電圧を印加する方法の他、一方の駆動手段5だけに交流電圧を印加し、他方の駆動手段5を振動モニターとして利用して振動状態の制御を行い、これによって振動を安定

させる方法があるが、これらのいずれにおいても、<sup>(2)</sup>後述するコリオリの力を強くすべく、駆動手段5を共振状態で振動させて、振動振幅を大きくすることとしている。

次いで、駆動手段5の振動状態下で、振動ジャイロをZ軸の周りに角速度 $\omega$ で回転させることによって、検知手段6に、それを図の破線矢印方向(X軸方向)へ、角速度 $\omega$ の大きさに応じて使わせるように作用するコリオリの力 $F_c$ を生じさせ、この結果として、その検知手段6に設けた電極間に電圧を発生させる。

ここで、この発生電圧は、コリオリの力 $F_c$ の大きさに比例することから、その発生電圧を測定することによって、角速度 $\omega$ の大きさに応じた電圧が得られる。

なお一般的には、上述したような装置全体を、支持部材7によって支持することにより、共振状態での作動効率を高める工夫がなされている。

(発明が解決しようとする課題)

ところが、このような従来技術にあつては、駆

動手段5の先端に検知手段6を連結する構造であることにより、装置が大型化する他、駆動手段5に交流電圧を供給するための配線、検知手段6から信号電圧を取り出すための配線などが煩雑になる欠点があり、とくに、検知手段6に対する配線は、線材の引回しに苦勞するところが大きであった。すなわち、検知手段6が、常におよそ数 $\mu\text{m}$ ~100 $\mu\text{m}$ 程度の振動振幅下におかれており、信号電圧の取出しのための線材の質量や弾性率、さらには変形状態その他が、主には駆動手段5の振動に大きな影響を及ぼして検知感度を変動させる要因となることから、その線材を、駆動手段5の側面5'に接着させて、振動の小さい固定手段4の付近まで延在させ、そこから所定の接続端子まで引き出すこと、所定の接続端子を検知手段6の近傍位置まで延在させて、線材の長さを短くすることにてその線材の影響を低減することなどの手段が講じられている。

しかしながら、このことによれば、振動ジャイロの製造作業効率の著しい低減が不可避であった。

またこの一方において、駆動手段5の広幅面と、検知手段6の広幅面とが正確に直交していない場合には、検知手段6での検知信号中に、Y軸方向の振動成分が漏れ込むことになるとともに、検知精度それ自体が低下することになる。ところで、図示のように、駆動手段5の端面と検知手段6の端面とを直接的に連結する構造の下においては、それらを接着剤によって単に固着するだけでは高い連結精度を望み得べくもない。

そこで、第3図に示すような連結部材8を介して、駆動手段5と検知手段6とを連結する方法が提案されており、この連結部材8を用いる方法によれば、駆動手段5および検知手段6のそれぞれの端部分を、連結部材8に形成されて、相互に直交する方向に向く面のそれぞれに、それらに設けた電極を介して接着することによって、駆動手段5と検知手段6とを、比較的容易に、高い直角度をもって連結することが可能となる。

ところがこの場合には、連結部材8の、駆動手段5と検知手段6との接合面とが相互に直交する方

向に向いていることから、駆動手段5と検知手段6との、連結部材8への接着を同時に行うためには、接着剤が硬化するまで、駆動手段5および検知手段6のそれぞれを、連結部材8に、所定の相対関係の下で正確に位置決め保持するために必要となる治具の構造が複雑になるとともに、治具が大型化して作業性が悪くなり、また、このような接着作業を二工程に分けて行うときには、作業工数が著しく増むことになる。

(背景技術)

一般に、一端を片持ち固定した圧電体バイモルフ素子に、第4図に示すような力 $F$ を加えてそれを歪ませた場合は、シリーズ型バイモルフ13を例にとると、近似的には、

$$V = (3g_{31} \cdot l \cdot F) / (2t \cdot w)$$

$g_{31}$  : 電圧出力係数

$l$  : 長さ

$t$  : 厚み

$w$  : 幅

で表される電圧 $V$ を発生する。これに対し、第5

(3)

図に示すように、白抜矢印で示す方向に分極させるとともに、上下面に図示しない電極を設けた、すべり振動子として作用する圧電材料14に、力Fを加えて剪断変形させた場合は、同様に、

$$V' = (t' \cdot g_{13} \cdot F) / (l' \cdot w')$$

$g_{13}$ : 電圧出力係数

$l'$ : 長さ

$t'$ : 厚み

$w'$ : 幅

で表される電圧 $V'$ を発生する。

ここで、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)その他をもって代表される圧電セラミック材料を例にとると、電圧出力係数 $g_{31}$ 、 $g_{13}$ は、比にして $g_{13}/g_{31} \approx 3$ 程度であり、加えられた力に対し、電圧出力係数に関してはすべり振動子の方が有利ではあるが、それぞれの圧電材料の厚み $t, t'$ 、幅 $w, w'$ 、長さ $l, l'$ を考慮すると、前記二式から明らかなように、出力電圧としては、すべり振動子が常に有利であるとはいえない。

しかるに、第6図に示すように、固定手段4に

先端にX軸方向の力Fを加えると、中間部材11には、剪断応力 $\tau = F/a \cdot b$ とともに、Y軸を回転中心とするねじりモーメント $M = F \cdot L'$ が作用し、このねじりモーメントMによって、中間部材11には、座標軸X、Y、Zの交点Oを中心とするねじり剪断応力 $\tau'$ が生じる。このねじり剪断応力 $\tau'$ は、第8図に示す中間部材11の、長辺の中点Aにおいて最大となり、その値は、

$$\tau'_{\max} = F \cdot L' / \alpha \cdot a \cdot b^2$$

$\alpha$ : 長辺と短辺の長さの比 $a/b$ によって定まる定数

となる。

この $\tau'_{\max}$ は $\tau$ に対し、 $\tau'_{\max}/\tau = L'/\alpha \cdot b$ の相対関係を有することから、ねじり剪断応力 $\tau'$ を測定することは極めて効果的である。

なお、ここでは、説明を容易ならしめるべく、中間部材11を、 $a > b$ の長方形輪郭形状としたが、第8図において $a < b$ であれば、中点Bに最大ねじり剪断応力が作用することになり、 $a = b$ であれば、両中点A、Bに最大ねじり剪断応力が作用

駆動手段5の下端部を固定し、その駆動手段5の電極に交流電圧を印加してY軸方向へ振動させながら、固定手段4をZ軸の周りに角速度 $\omega$ で回転させると、発生したコリオリの力 $F_c$ は、固定手段4の、駆動手段5との連結部9に、破線矢印で示す方向の剪断応力の他に、実線矢印で示すねじりモーメントMを作用させて、固定手段4を振る方向の力を生じさせる。従って、このねじりモーメントMを積極的に利用してコリオリの力 $F_c$ を測定することにより、振動ジャイロの製造上の作業性を向上させることができるとともに、その小型化を実現することができ、しかも、高い測定精度をもたらすことができる。

この発明は、かかる点に着目してなされたものであり、従来にはない新規な振動ジャイロを提供するものである。

これをさらに詳述すると、第7図に示すように、基台10とアーム12とを、第8図で示すような、長辺長さが $a$ 、短辺長さが $b$ の長方形輪郭を有する中間部材11を介して連結した場合に、アーム12の

することになる。ところで、ねじり剪断応力 $\tau'$ は、中間部材11の中心Oと四隅において零となり、辺の中点において高い値となる分布を示す。

以上に述べたように、中間部材11には、剪断応力 $\tau$ の他、ねじり剪断応力 $\tau'$ が作用する結果、その中間部材11は、第9図に示すように、剪断応力 $\tau$ による剪断歪 $\tau$ と、ねじり剪断応力 $\tau'$ による剪断歪 $\tau'$ とを生じることになる。

ここで、引張および剪断応力と電気変位との関係についてみるに、圧電材料に応力Tと電界Eが加わった場合に発生する電気変位Dを式にて表現すると、

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} & d_{15} & d_{16} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} & d_{26} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} & d_{35} & d_{36} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} \\ e_{31} & e_{32} & e_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix}$$

となり、圧電材料としてチタン酸ジルコン酸鉛を例にとると、応力Tだけが加わった場合の電気変

位は、

$$\begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d_{13} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{23} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \end{pmatrix}$$

で表される。なお、ここにおいては、加わる応力  $T_1 \sim T_6$  は、第10図および第11図で示される方向に作用しているものとし、圧電材料は白抜矢印で示すように、第3軸方向に分極されているものとする。

以上のことから、第1軸と直交する面に電極を設けた場合には、応力による第1軸方向の電気変位  $D_1$  は、

$$D_1 = d_{13} \cdot T_3$$

となり、これは第2軸の周りの剪断応力  $T_3$  に対して電気変位を発生するすべり振動子となる。

次に、第12図に示すように、X軸と直交する平面  $x_1, x_2$  と、Y軸と直交する平面  $y_1, y_2$  と、Z軸

る、小型で、生産性に優れた高精度の振動ジャイロを提供する。

〔課題を解決するための手段〕

この発明の振動ジャイロは、二本の矩形状（隣接面が相互に直交する方向に向く）腕部分と、これらの腕部分をそれらの下端部で相互連結する基台部分とを圧電材料にて一体成形して全体形状を音叉状とし、両腕部分を、三次元座標系のZ軸方向へ向けるとともに、Y軸方向に間隔をおいて位置させた状態の下において、基台部分をY軸方向に分極させ、その基台部分の、X軸と直交する各面に、基台部分の上面、下面、または上面と下面の両側にそれぞれ近接して位置し、Y軸方向へ延在する検知用電極を設けたものである。

〔作用〕

ここでは、両腕部分をY軸方向に対称振動させつつ、それをZ軸の周りに回転させて、それぞれの腕部分にコリオリの力を生じさせると、基台部分には、前述したように、そのコリオリの力によるねじりモーメントが作用するとともに、このね

(4)

と直交する平面  $z_1, z_2$  とで形成される直六面体の圧電材料14に、その中心を通るY軸の周りのねじりモーメントMにより、Y軸と直交する面内にねじり剪断応力  $\tau'$  が作用することで発生する電気変位を考える。

まず、圧電材料14がX軸方向に分極されており、平面  $y_1$  上の点  $P_1$  に作用するねじり剪断応力  $\tau'_{P_1}$  の方向がX軸に対して角度  $\alpha$  をなすとする、平面  $y_2$  上の、点  $P_1$  と対抗する点  $P_2$  には、点  $P_1$  に作用するねじり剪断応力  $\tau'_{P_1}$  と大きさが等しく方向が逆のねじり剪断応力  $\tau'_{P_2}$  が作用し、両点  $P_1, P_2$  を結ぶ領域で、点  $P_1$  から点  $P_2$  に向かう電気変位は、

$$D_p = d_{13} \tau'_{P_1} \cos \alpha$$

となるので、この電気変位は、 $-\pi/2 \leq \alpha < \pi/2$  の範囲と、 $\pi/2 \leq \alpha < 3\pi/2$  の範囲とでは極性が相違する。

そこで、この発明は、圧電材料の分極方向と電極配置とを適宜に組合わせることによって、ねじりモーメントMを高い感度で検出することができ

ねじりモーメントによるねじり剪断応力が生じることから、この発明の振動ジャイロでは、両腕部分によって基台部分に発生される、Z軸の周りのねじり剪断応力成分を検出することにより、ねじりモーメント、ひいては、コリオリの力を優れた感度をもって検知することができる。

しかも、この振動ジャイロでは、腕部分と一体をなす固定部分をすべり振動子として機能させることにより、従来技術で述べた検知手段6を不要ならしめて、装置を十分小型化することができる他、電極の、固定部分およびその近傍部分への配設を可能ならしめて、線材の引き回しに伴う苦勞を有利に取り除くことができる。

加えてここでは、固定部分に対する腕部分の連結作業が不要になるので、寸法精度の高い、性能の優れた振動ジャイロを製造することができる。

〔実施例〕

以下にこの発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第1図(a)~(c)は、いずれもこの発明の実施例を

(5)

示す斜視図である。

第1図(a)において、図中15は基台部分を、また、16、17はそれぞれ第1および第2の腕部分を示し、これらの腕部分16、17は、それらの下端部を相互連結する基台部分15とともに、圧電材料によって一体成形してなる。

そしてここでは、隣接する面を相互に直交する方向に向けて、全体形状を音叉状としたこの成形体を、腕部分16、17が、三次元座標系のZ軸方向に向くとともに、Y軸方向に間隔をおいて位置する姿勢とした状態の下で、第1の腕部分16を、図に白抜矢印で示すようにX軸方向へ分極させ、そして、この第1の腕部分16の、X軸と直交する第1の面(図の手前側の面) $x_1$ および第2の面 $x_2$ のそれぞれに、第2の腕部分17から離隔して位置して、腕部分16の長さ方向へ延在する第1および第2の電極18、19を設ける。

ここで、これらの電極のうち、第1の電極18を接地させ、第2の電極19に駆動用の交流電圧を印加すると、第1の腕部分16はY軸方向に振動する。

図a)と同様の作用・効果をもたらすものである。

このような構成によれば、例えば、電極24を接地させ、電極25を検知用回路に接続することにより、第1の腕部分16と第2の腕部分17とをY軸方向に対称振動させつつ、Z軸の周りに回転させることによって、それぞれの腕部分16、17に生じるコリオリの力に基づくねじりモーメントが基台部分15に作用すると、そのねじりモーメントによるねじり剪断応力の、Z軸の周りの成分を感知する振動ジャイロがもたらされる。

以上この発明を図示例に基づいて説明したが、圧電材料14としては、チタン酸ジルコン酸鉛の他、チタン酸鉛、チタン酸バリウムなどの各種材料を用い得ることはもちろんである。

#### (発明の効果)

かくしてこの発明によれば、コリオリの力を基台部分にて検知することにて、振動ジャイロの小型、軽量化を実現することができ、また、電極を基台部分およびその近傍に集中させることにより、線材の引き回しを極めて容易ならしめることがで

ところで、印加する交流電圧の周波数を、成形体の共振周波数とすると、第1の腕部分16と第2の腕部分17とがY軸方向に対称振動して、大きな振動振幅が得られる。

なお、ここにおいて、第2の腕部分17を通宜方向へ分極させるとともに、そこにも電極を形成した場合には、その第2の腕部分17を、振動状態の制御を行うための振動モニタとして機能させることができる。

さらに、前記姿勢とした成形体の基台部分15においては、それをY軸方向へ分極させ、そして、それぞれの面 $x_1$ 、 $x_2$ の、基台上面 $z_1$ に近接する位置に、電極24、25のそれぞれを、Y軸方向へ延在させて設けたものである。

なお、第1図(a)に示すものは、両検知用電極24、25'を基台部分15の底面 $z_2$ に近接させて設けた例を示しており、そして、第1図(c)に示すものは、基台部分15の上面 $z_1$ と下面 $z_2$ との両側にそれぞれ一対の検知用電極24、24'、25、25'を設けた例を示しており、これらもまた、上記実施例(第1

きる。

しかも、基台部分と、第1および第2の腕部分とを圧電材料によって一体成形することにより、それらの連結作業を全く不要ならしめることができる他、寸法精度の高い、安定した性能の振動ジャイロをもたらすことができる。

加えて、電極形成面がX軸と直交する二面 $x_1$ 、 $x_2$ に限定されるので、電極印刷工程を少なからしめて生産コストを低減することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)~(c)は、いずれもこの発明の実施例を示す斜視図、

第2図は、従来例を示す斜視図、

第3図は、従来の連結部材を例示する斜視図、

第4~12図はそれぞれ、この発明を説明するための参考図である。

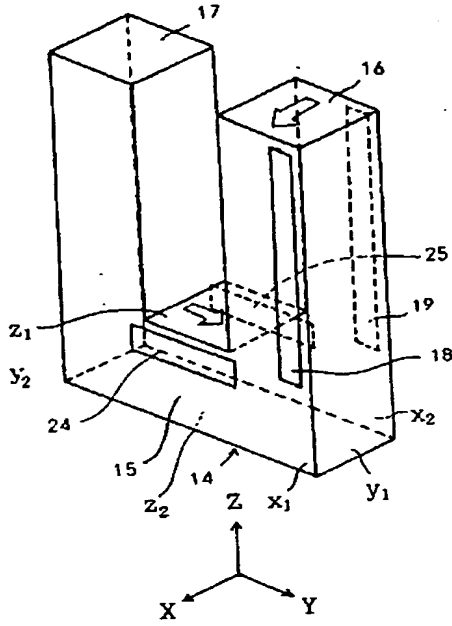
14…圧電材料、 15…基台部分、

16、17…腕部分、 18、19…電極、

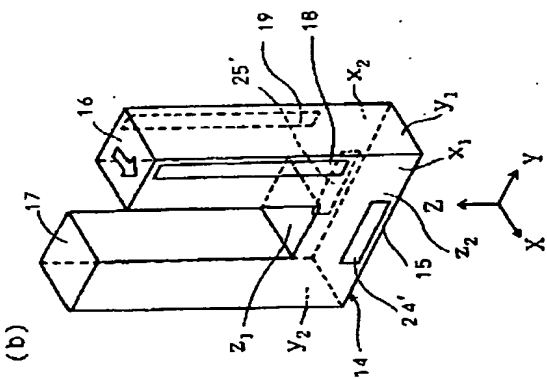
20~27…電極。

(6)

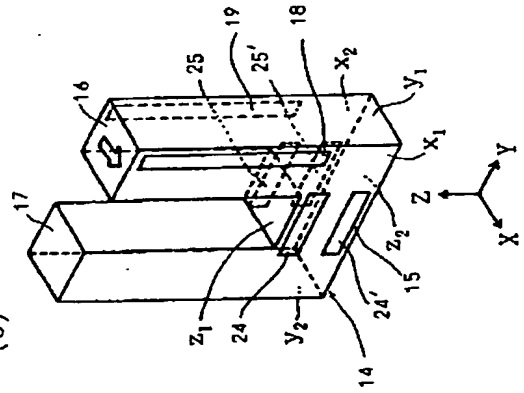
第 1 図



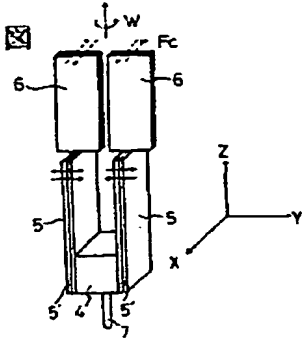
第一



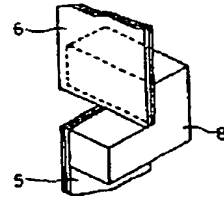
一 報



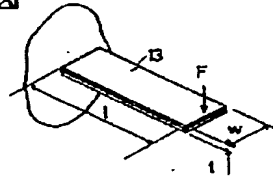
第 2 図



第 3 圖



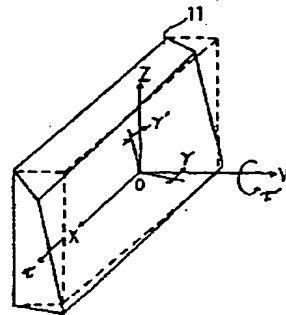
第 4 図



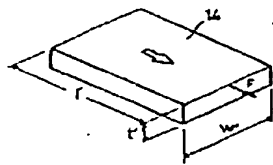


(7)

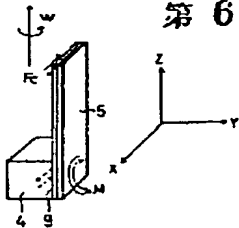
第 9 図



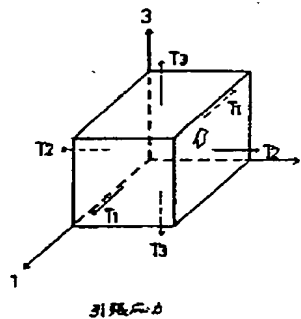
第 5 図



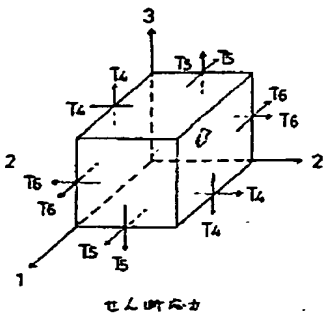
第 6 図



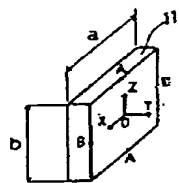
第 10 図



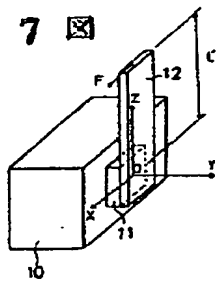
第 11 図



第 8 図



第 7 図



第 12 図

